

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月13日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-236020

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-236020 ]

出 願 人

Applicant(s):

アジレント・テクノロジーズ・インク

10010259 US

2002年11月 1日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2002-3086576

【書類名】 特許願

【整理番号】 10020259

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01H 29/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都八王子市高倉町 9 番 1 号 アジレント・テクノロジー株式会社内

    【氏名】 近藤 雄

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都八王子市高倉町 9 番 1 号 アジレント・テクノロジー株式会社内

    【氏名】 竹中 勉

【特許出願人】

    【識別番号】 399117121

    【氏名又は名称】 アジレント・テクノロジーズ・インク

【代理人】

    【識別番号】 100105913

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 加藤 公久

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 086680

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9911735

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 液体金属を用いた電気接点開閉装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

気体と液体金属とが密封された密封空間内で、加熱によって前記気体の体積を膨張させ前記液体金属を移動させることで電気パスを変更することのできる電気接点開閉装置において、

前記気体を加熱するためのヒータを備えた第 1 の基板と、

前記液体金属と協働して高周波信号を伝送する前記電気パスを構成する複数の電極が形成される第 2 の基板と、

該第 2 の基板に密封して固着され、前記通路の他端に連通して前記液体金属が移動可能とされるチャネルを前記第 2 の基板との固着面に沿って形成する第 3 の基板とを有することを特徴とする電気接点開閉装置。

【請求項 2】

前記第 2 の基板又は前記第 3 の基板は、加熱される前記気体を前記液体金属の位置まで導くことのできる通路を含むことを特徴とする、請求項 1 の電気接点開閉装置。

【請求項 3】

前記第 2 の基板は、高周波信号を少ない減衰で通過させるセラミックもしくはガラスセラミック基板からなることを特徴とする、請求項 1 の電気接点開閉装置。

【請求項 4】

前記第 2 の基板は、多層基板とされることを特徴とする、請求項 3 の電気接点開閉装置。

【請求項 5】

前記第 2 の基板は、接地面を含むことを特徴とする、請求項 4 の電気接点開閉装置。

【請求項 6】

前記第 3 の基板は、ガラス基板から成り、1 又は複数の部品から構成されるこ

とを特徴とする請求項 1 の電気接点開閉装置。

【請求項 7】

前記第 1 の基板及び第 3 の基板は、前記第 2 の基板の対向主要面側に固着されることを特徴とする、請求項 1 の電気接点開閉装置。

【請求項 8】

前記第 1 の基板及び第 3 の基板は、前記第 2 の基板の同一主要面側に固着され、前記第 1 の基板は、前記第 3 の基板に包囲されるように置かれることを特徴とする、請求項 1 の電気接点開閉装置。

【請求項 9】

前記第 1 の基板は前記第 2 の基板に対して、バンプにより接続されることを特徴とする、請求項 1 の電気接点開閉装置。

【請求項 10】

前記第 1 の基板は、前記ヒータを浮遊状態にして支持する基体を有することを特徴とする、請求項 1 の電気接点開閉装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電気接点開閉装置の構造に関し、特に高周波信号の伝送が可能な液体金属を用いた電気接点開閉装置の改良に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来の代表的な小型の機械接点式リレーとして、リードリレーが挙げられる。リードリレーは、磁性合金からなる 2 枚のリードを微小なガラス容器内部に、不活性気体と共に封じ込めたリードスイッチを備えている。リードスイッチの周囲には、電磁駆動用のコイルが巻回され、2 枚のリードは、ガラス容器内で、接触または非接触となるように配置されている。通常、この種のリードリレーは、非駆動状態では、コイルには電流が流されず、各リードの先端同士は排斥し合って非接触となり、駆動状態では、コイルに電流が流され、各リードの先端同士は吸引し合って接触する。

## 【 0 0 0 3 】

この種のリードリレーの問題は、寸法が大型であること、及び寿命が比較的短く動作の信頼性が低い点である。前者に関して、それが組み込まれる装置内で大きな体積を必要とすることに加えて、特に高周波信号を伝送する場合に十分な性能を持たせるための設計が困難である。また、後者に関して、リードリレーに使用されるリードが屈曲に伴う機械疲労を生じ、経年の使用により正常に動作しなくなることがあり、またロジウム、金等でめっき処理された銀、タングステン、ロジウム等からなる接点が磨耗を生じるからである。もっともリードリレーのうちで、ウェットリレーと呼ばれる、接点表面が水銀で被覆された型のものは接点の問題については改善されているが、機械疲労の問題は残ったままである。

## 【 0 0 0 4 】

これらの問題を解決するべく、水銀等の液体金属を利用した電気接点開閉装置が提案されており、その例は、特開平 9 - 1 6 1 6 4 0 号公報、特開 2 0 0 0 - 1 9 5 3 8 9 号公報に記載されている。これらの技術によれば、電気接点開閉装置は更に小型化され、高周波の信号に対応できる。また、前者の構成によれば、各電極表面がチャネル内の気体に含まれる成分等により腐食を受け動作信頼性が低下することが懸念されるものの、後者の構成によれば、水銀接点を利用することにより、長寿命化、高信頼性が可能となる。更に、両者ともに、重力依存（姿勢依存）性が無い状態で液体金属を利用できるという利点を有する点にも注目すべきである。

## 【 0 0 0 5 】

特開平 9 - 1 6 1 6 4 0 号公報、或いは、特開 2 0 0 0 - 1 9 5 3 8 9 号公報に実施例として記載される電気開閉装置は、典型的には 2 枚の基板を接合して得られる。例えば、特開平 9 - 1 6 1 6 4 0 号公報に記載される如き電気接点開閉装置では、基板としてガラスや半導体（シリコンなど）が提案され、また、特開 2 0 0 0 - 1 9 5 3 8 9 号公報に記載される如き電気接点開閉装置では、基板としてガラス、半導体（シリコンなど）、セラミックを利用することが指摘されている。

## 【 0 0 0 6 】

## 【発明の解決すべき課題】

このような電気接点開閉装置において、基板としてシリコンもしくはガラスが用いられた場合にはエッチングなどの方法を利用してヒータをサスペンド(浮遊)状態にすることが可能である。サスペンド(床面より浮遊した)ヒータとは、ヒータとなる材料層の下部、もしくはヒータ材料を支える薄い構造体層の下部が空洞状態にある形状を意味し、ヒータの平面的な形状としては特開平 9 - 1 6 1 6 4 0 号公報のようなカンチレバー(複数の橋のような)形状、あるいは網目形状、ハニカム形状、また、平面的にはパターンを有しないメンブレン形状も含まれる。このようなサスペンドヒータの利点はガスを加熱する効率が大きく、ヒータで発生した熱のほとんどがガスを加熱することに費やされることである。これは、サスペンド構造のためにヒータ面がガスに接触する表面積が大きく、且つ基板に伝導する経路であるところの構造体が基板に接触する部分が狭く薄いため、ガスに効率良く熱を伝えることができる一方で、基板への熱伝導はある程度抑えることができるからである。

## 【0 0 0 7】

サスペンドヒータを工業的に実現するもっとも好適な方法は基板にシリコンを用いて、その表面に薄膜ヒータを形成し、異方性エッチングによりヒータ床面部分をエッチングしてヒータ構造をサスペンド状態にするものである。ガラスを用いても可能であるが、ガラスの場合には等方性エッチングとなるので、床面の空洞部分の形状制御が難しいという欠点がある。その他、工業的に床面エッチングが可能な材料、例えば水晶やGaAsでも同様のことが可能である。しかし、これらの材料については、現在のところ残念ながらフィルドビアやビアホールを含む多層基板技術が工業的に利用可能ではなく、表面配線のみの回路形成となってしまう。従って、これらの基板を用いた電気接点開閉装置によれば高周波特性には限界があり、また、フィルドビアを作成して、低い接続抵抗を実現するのは困難である。

## 【0 0 0 8】

一方で、基板としてセラミックを用いた場合には、工業用に広く用いられているセラミック多層基板の技術を用いることによって、接点電極をフィルドビア構

造にすることが可能であり、

この結果、低い接続抵抗と好適な高周波特性を実現することができる。しかし、セラミック上にサスペンドヒータを作成することは工業的には困難であり、セラミック上に直接薄膜ヒータなどを形成することになる。この場合にはヒータによる熱は、そのかなりの部分が直接基板に伝導してしまい、ガスを加熱する効率は低くなる。結果として低パワーで速いスイッチング駆動が可能な電気接点開閉装置を実現するのは困難である。

#### 【 0 0 0 9 】

そこで本発明は、閉時の接続抵抗が低く、高周波信号についての減衰が小さい電気接点開閉装置であって、特に、開閉に必要なパワーが少なく且つ開閉の速度が速いという性能上の利点を保証でき、製造も容易に行うことができる小型の構成を有する電気接点開閉装置を提供することをその目的とする。

#### 【 0 0 1 0 】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明は、セラミック等の多層基板と接合することによってその接合面に液体金属の形状を保持するためのチャンネルを形成するガラス等からなる基板と、サスペンドヒータを形成したシリコン等の基板とを、ともにセラミック多層基板に接合して液体金属を含む電気接点開閉装置を構成するものである。両者間を連絡して駆動ガスが移動可能とするビアホール又は他の形状の通路が少なくとも多層基板の一部に設けられる。回路配線を含む多層基板は、主に高周波信号に対しての電気的特性を良好にする材料として選択することができ、サスペンドヒータを含む基板とは異なる材料とすることができる。開閉信号が導通する線路としては、セラミック多層基板のフィルドビア、若しくは厚膜配線が用いられる。このため、閉時の接続抵抗を低くすることができ、また、セラミック多層基板の回路設計にインピーダンス整合を取り入れることによって高周波信号の伝送が可能となる。更に、サスペンドヒータを用いているため、開閉に必要なパワーが少なく、開閉の速度が速い液体金属を用いた混成基板型の電気接点開閉装置を提供することができる。

#### 【 0 0 1 1 】

即ち、本発明は、気体と液体金属とが密封された密封空間内で、加熱によって前記気体の体積を膨張させ前記液体金属を移動させることで電気パスを変更することのできる電気接点開閉装置において、前記気体を加熱するためのヒータを備えた第 1 の基板と、前記液体金属と協働して高周波信号を伝送する前記電気パスを構成する複数の電極が形成される第 2 の基板と、該第 2 の基板に密封して固着され、前記通路の他端に連通して前記液体金属が移動可能とされるチャンネルを前記第 2 の基板との固着面に沿って形成する第 3 の基板とを有することを特徴とする電気接点開閉装置を提供する。

【 0 0 1 2 】

好ましくは、前記第 2 の基板又は前記第 3 の基板は、加熱される前記気体を前記液体金属の位置まで導くことのできる通路を含む。

【 0 0 1 3 】

好ましくは、前記第 2 の基板は、高周波信号を少ない減衰で通過させるセラミックもしくはガラスセラミック基板からなる。

【 0 0 1 4 】

好ましくは、前記第 2 の基板は、多層基板とされる。

【 0 0 1 5 】

好ましくは、前記第 2 の基板は、接地面を含む。

【 0 0 1 6 】

好ましくは、前記第 3 の基板は、ガラス基板から成り、1 又は複数の部品から構成される。

【 0 0 1 7 】

好ましくは、前記第 1 の基板及び第 3 の基板は、前記第 2 の基板の対向主要面に固着される。この場合、前記通路は、厚さ方向に貫通するように形成される。

【 0 0 1 8 】

好ましくは、前記第 1 の基板及び第 3 の基板は、前記第 2 の基板の同一主要面に固着され、前記第 1 の基板は、前記第 3 の基板に包囲されるように置かれる。この場合、前記通路の少なくとも一部は前記主要面の面内方向に沿って延びる。



よう構成される。

【 0 0 1 9 】

好ましくは、前記第 1 の基板は前記第 2 の基板に対して、バンプにより接続される。

【 0 0 2 0 】

好ましくは、前記第 1 の基板は、前記ヒータを浮遊状態にして支持する基体を有する。

【 0 0 2 1 】

【発明の実施の形態】

以下に添付図面を参照して本発明の好適実施形態となる電気接点開閉装置について詳細に説明する。

【 0 0 2 2 】

図 1 及び図 2 は、本発明の第 1 の好適実施形態となる電気接点開閉装置の全体の構成を示す図であり、図 2 には平面図を示し、図 1 には図 2 中の線 A - A に沿う位置の断面図を示す。図 2 は、後述のガラス基板（第 3 の基板）からそれを透かしてセラミック多層基板（第 2 の基板）の表面を見たものであり、破線によってチャンネル及び通路の形状を示している。

【 0 0 2 3 】

装置 5 0 は、第 1 の基板 1 0、第 2 の基板 2 0、及び第 3 の基板 3 0 の 3 種類の基板を含む。第 1 の基板 1 0 は、シリコン基板を含み、後述の如く密封された気体を加熱するためのサスペンドヒータ 9 1 を有する。第 2 の基板 2 0 は、セラミック多層基板から成り、電気的な配線を内層及び外層に含むものである。第 3 の基板 3 0 は、ガラス基板であり、後述の如く液体金属 6 を収容するためのチャンネルを構成するための凹溝を有する。凹溝の形成のためには、ガラス加工のために知られている様々な方法が使用され得るが、例えば、サンドブラストによる加工が望ましい。尚、本実施形態では、第 1 の基板 1 0、第 2 の基板 2 0、及び第 3 の基板 3 0 のサイズは、それぞれ、1.5 x 1.5 x 0.2 mm、5 x 4 x 0.4 mm、及び 5 x 4 x 1 mm とされる。

【 0 0 2 4 】

図 2 の概略平面図から理解されるように、装置 5 0 は、液体金属 6 を移動可能にして収容するチャンネル 6 1、及びチャンネル 6 1 に対して長さ方向の中途の 2 箇所で交わる通路 6 2、6 3 を有する。通路 6 2、6 3 は、チャンネル 6 1 から第 2 の基板 2 0 に形成される一对の貫通した通路孔 7 1、7 2 の位置まで延び、両者を連通させる。チャンネル 6 1 の径寸法に対して、通路 6 2、6 3 の径寸法を十分小さく設定し、これにより、液体金属 6 は、通路 6 2、6 3 内に入り込むことなく、チャンネル 6 1 内に維持される。尚、通路孔 7 1、7 2 の近傍では、通路 6 2、6 3 は若干幅広とされうる。

#### 【 0 0 2 5 】

チャンネル 6 1 は、長さ方向に沿って離間して設けられる 3 つの電極 8 1、8 2、8 3 を有する。液体金属 6 は、チャンネル 6 1 の全体を略充填するが、通路 6 2、6 3 のいずれか一方との結合部分近傍でのみ分離されるように置かれ、これにより、隣接する一对の電極間を電氣的に導通しつつ、他の一つの電極を分離するようにする。図 2 では、電極 8 1、8 2、8 3 は、フィルドビア 8 4、8 5、8 6 によって第 2 の基板 2 0 の対向する面に形成される 3 つの電極 2 1 のそれぞれに対して電氣的に導通される。

#### 【 0 0 2 6 】

通路孔 7 1、7 2 は、第 2 の基板 2 0 を貫通し、第 1 の基板 1 0 のサスペンドヒータ 9 1 が置かれる位置まで延びる（図 1 参照）。第 1 の基板上のサスペンドヒータ 9 1 に面する位置には、通路孔 7 1、7 2 に連通するように凹部 7 3、7 4 が形成される。凹部 7 3、7 4 は、第 1 の基板 1 0 の凹部 1 2 と協働してサスペンドヒータによる気体の加熱室の一部を構成する。

#### 【 0 0 2 7 】

サスペンドヒータ 9 1 を含む第 1 の基板 1 0 は、基体となるシリコン基板 1 1 を含む。シリコン基板 1 1 は、前述のサスペンドヒータ 9 1 が設けられる位置に凹部 1 2 を有する。シリコン基板 1 1 は、サスペンドヒータ 9 1 の部分が金属バンプ 1 9 の手法によって第 2 の多層基板 2 0 の電極パッド 7 5 に接続されることにより、電氣的及び機械的に第 2 の基板 2 0 に結合される。更に、第 1 の基板 1 0 と第 2 の基板 2 0 のバンプ接続部分の周囲とその外側には封止樹脂 1 4 を含浸

、硬化させ、ヒータキャビティを気密化すると共に、金属バンプ19によるバンプ接合を補強してある。本実施形態では封止樹脂14として、気密性に優れたテフロン系樹脂(R)を選択したが、エポキシ樹脂等でも可能である。このように封止樹脂14を配置することにより、第1乃至第3の基板10、20、30を利用した密封空間が装置50の内部に実現され、従来技術として示した特開平9-161640号公報、特開2000-195389号公報に記載される装置と同様に、サスペンドヒータ91の加熱によってチャンネル61内の液体金属6を移動させ、スイッチ動作させることが可能となる。また、電極パッド75は、フィルドビア77、78及び内層配線79を利用して、第2の多層基板20の裏面に形成される他の電極76に電氣的に接続される。

## 【0028】

即ち、例えば、図2において、通路孔72に対応するサスペンドヒータ91を加熱すれば、膨張した気体が通路62からチャンネル61に入り込み、連続した液体金属6をチャンネル61内の通路62近傍で分離し、一方で通路63との結合部近傍でこれを結合する。従って、サスペンドヒータ91の動作前における電極81、82が相互に接続されて電極83が分離された状態は、動作後には電極81が電氣的に分離されて電極82、83が相互接続される状態となることが理解される。その後、同様にして通路孔71に対応するサスペンドヒータを加熱すると、逆の動作が生じ、動作後には図2に示す状態が再生される。前述のように、スイッチングに関わる電氣的な経路はフィルドビアとバルクの液体金属によって形成されているため、閉時の接続抵抗を低くすることができる。

## 【0029】

尚、図示していないが、セラミック多層基板である第2の基板20の表面層、裏面層あるいは内層に適当な接地パターンを形成することによって、信号のインピーダンスマッチングを行うことが可能であり、これによって高周波信号を少ない減衰で導通させることができる。

## 【0030】

図3は、第1の基板の構成を示す図で、(a)が平面図、(b)が(a)中の線B-Bに沿う位置の断面図、(c)が(a)中の線C-Cに沿う位置の断面図

である。

#### 【 0 0 3 1 】

第 1 の基板 1 0 は、上述のようにシリコン基板 1 1 を基体としており、その一面、即ち第 2 の基板に接着される側の面上には、サスペンドヒータ 9 1 を構成すべく櫛形パターンのポリシリコン層 1 8 が形成される。基体 1 1 は、シリコン以外の材料でも良いが、特にヒータをサスペンド構造にしない場合等には、ガラス等の比較的熱伝導率の小さな材料から形成され得る。基体 1 1 の形状・寸法は、スイッチ動作時間、即ちヒータ加熱によってスイッチを動作させるための時間、及びその後にヒータの冷却が冷却されるまでの時間の双方を最適化するようにして決定される。ポリシリコン層の下部は、異方性エッチングにより取り除かれたキャビティ構造になっており、従って、ヒータの櫛形パターンはサスペンド(浮遊)状態とされる。本実施形態では、サスペンドヒータとして、0.1 ミクロン厚のポリシリコン膜を用いたが、Pt、Ni、Crなどの金属層を用いることもできる。その際には金属層を液体金属の蒸気と反応しない材料、例えばSiO<sub>2</sub>、SiN等でコーティングし、雰囲気と金属が直接接触しないようにする必要がある。

#### 【 0 0 3 2 】

ところで、電気接点开閉装置の駆動エンジンとしてヒータを設計する場合には、このヒータ周囲の空間の体積を正確に規定する必要がある。本実施形態の構造では、ヒータ下部については第 1 の基板(シリコン基板含む) 1 0 のプロセスである異方性エッチングによって、そのキャビティ、即ち、凹部 1 2 の深さをコントロールすることが可能である。本実施形態においては、キャビティの深さを0.08 mmとしている。一方、第 1 の基板 1 0 の表面と第 2 の基板(セラミック多層基板) 2 0 の表面の間隙については、バンプ 1 9 によってその高さを制御することが可能である。本実施形態ではバンプ 1 9 の高さを0.02 mmとし、更に第 2 の基板 2 0 上に予め深さ0.06 mmのキャビティ、即ち、凹部 7 3、7 4 を形成しておくことによって、ヒータ上部、下部とも、良くコントロールされた正確な寸法の0.08 mmの間隙を得ることができた。特に、このようにヒータ 9 1 の上下に間隙を設けたことにより、ヒータからシリコン基板 1 1 への熱伝導が極力抑えられ、効率良く気体に伝えられる点に注意すべきである。この点は、安定したスイッ

チング動作を保証する上で利点となる。

#### 【 0 0 3 3 】

加えて、本発明では、第 1 の基板 1 0 と第 2 の基板 2 0 のバンプ接続部分の周囲とその外側には封止樹脂 1 4 を含浸、硬化させ、ヒータキャビティを気密化し、バンプ接合を補強している。かかる封止樹脂 1 4 は、第 1 及び第 2 の基板間の正確な寸法の間隙と合わせて、正確な体積の加熱空間又は加熱室を実現できる。本実施形態においては、封止樹脂 1 4 として気密性に優れたテフロン系樹脂を選択したが、エポキシ樹脂等でも可能である。これによって、ヒータが駆動すべきガスの体積はチャンネル 6 1 とスルーホールを除けば、ヒータの外形をほぼ投影したエリアで上下に 0.08 mm の空間を持つ体積のみに正確に決定することができる。

#### 【 0 0 3 4 】

図 4 及び図 5 は、本発明による第 2 の好適実施形態を説明するためのそれぞれ断面図及び平面図である。図 5 は、後述のガラス基板（第 3 の基板）からそれを透かしてセラミック多層基板（第 2 の基板）の表面を見たものであり、破線によってチャンネルの形状を示すが、図 4 では、図 5 における線 D - D に沿う位置、及び線 E - E に沿う位置の断面を説明の便宜上合成して示す。

#### 【 0 0 3 5 】

第 2 の実施形態は、フィルドビア 1 8 4、1 8 5、1 8 6 に導通する 3 つの電極 1 8 1、1 8 2、1 8 3 が、液体金属 1 0 6 の変形、移動により開閉されるという基本構成においては、第 1 の実施形態と共通するが、サスペンドヒータ 9 1 が形成された第 1 の基板 1 0 と、ガラス基板たり得る第 3 の基板 1 3 0 とが、セラミック多層基板 1 2 0 の同表面に接合されている点で第 1 の実施形態と相違する。使用される第 1 の基板 1 0 については、第 1 の実施形態において説明したものと同様であるので、同一の参照番号を付して詳しい説明を省略する。

#### 【 0 0 3 6 】

第 2 の実施形態となる装置 1 5 0 においても、第 1 の基板 1 0 は、やはり金属バンプ 1 9 を利用した手法で第 2 の基板 1 2 0 上の電極パッド 1 7 1 に実装される。このとき、電極パッド 1 7 1 は、フィルドビア 1 7 2 を介して第 2 の基板 1

20の対向する面に形成される電極パッド173に電氣的に導通する。更に、第1の基板10は、第1の実施形態と同様に、封止樹脂114を用いて第2の基板120に対して密封して接着される。その後、液体金属106を収容するためのチャンネル161が形成された第3の基板130が第2の基板に重ねて接着接続され、このとき一对の第1の基板10は、第3の基板130と第2の基板120との接合面に形成されるキャビティ151、152のそれぞれに収容される。キャビティ151、152は、溝161の形成と同様のプロセスで形成される。

#### 【0037】

第1の基板10においてサスペンドヒータ91が形成される凹部12と、液体金属106が配置されるチャンネル161とは、高さ方向に延びる通路孔177、179と、板面方向に延びる通路孔178とによって相互に連通される。第1の実施形態同様に、サスペンドヒータ91に面する部分には、凹部174、175が形成される。

#### 【0038】

本実施形態の通路孔は、グリーンシートによる多層基板技術を用いて第2の基板、即ちセラミック多層基板120の内部に形成され得る。通常、セラミック多層基板120はグリーンシートと呼ばれる焼成前セラミックシートに、パンチング(金型を用いる場合とレーザによる加工がある)により丸穴や長方形の穴を作成し、それを複数枚重ねて焼成することにより作成される。本実施形態では、焼成後寸法で50ミクロン厚のグリーンシートに70ミクロン幅、1ミリ長さの長方形の穴をパンチングしてチャンネル178を作成し、別のグリーンシートに通路孔177と179形成のための穴をパンチングして、チャンネル178と通路孔177および179を重ねて加圧する段階で位置合せし、その後焼成することにより実現できる。

#### 【0039】

他の方法として、図4中の破線部分で示すセラミック多層基板190を別部品として作成し、予め溝が形成されたセラミック多層基板120の本体に貼り合わせることによって内部チャンネルを形成することもできる。前者の方法に比べて後者の方法ではグリーンシートの厚みや、パンチングによる加工幅の自由度が比較

的大きく、より小さな断面積のチャネルを形成できるが、一方で密閉性に劣るという欠点がある。

#### 【 0 0 4 0 】

第 1 の実施形態によれば、信号の取り出しを裏面から行う際に、その取り出し方法に若干の制約がある。すなわち、バンプによる実装を採用した場合にはシリコン基板の高さよりも大きなバンプを用いるか、実装する相手の基板にキャビティを形成するなどの工夫が必要となる。これに対して第 2 の実施形態では裏面側が平坦であるため、このような制約が発生しない。一方、第 1 の実施形態は第 2 の実施形態に比較すると、第 1 の基板のサスペンドヒータとチャネルとの間の距離を比較的自由に設計できるだけでなく、第 3 の基板であるガラス基板の厚みもより薄くできる可能性がある。従って、第 1 の実施形態の方がより小型化に向いている。

#### 【 0 0 4 1 】

図 6 及び図 7 は、本発明による第 3 の好適実施形態を説明するためのそれぞれ断面図及び平面図である。図 7 は、後述のガラス基板（第 3 の基板）からそれを透かしてセラミック多層基板（第 2 の基板）の表面を見たものであり、破線によってチャネルの形状を示すが、図 6 では、図 7 における線 F - F に沿う位置、及び線 G - G に沿う位置の断面を説明の便宜上合成して示す。尚、使用される第 1 の基板 1 0 については、第 1、第 2 の実施形態において説明したものと同様であるので、同一の参照番号を付して詳しい説明を省略する。

#### 【 0 0 4 2 】

第 3 の好適実施形態による装置 2 5 0 では、フィルドビア 2 8 4、2 8 5、2 8 6 に導通する 3 つの電極 2 8 1、2 8 2、2 8 3 が、液体金属 2 0 6 の移動により開閉されるという基本構成においては、第 1、第 2 の実施形態と共通するが、それらの実施形態においてガラス基板たり得るとして説明した第 3 の基板 2 3 0 が、2 枚の基板 2 3 1、2 3 2（以後、それぞれ外層基板、内層基板ともいう。）から構成されている点で相違している。

#### 【 0 0 4 3 】

第 2 の基板（多層基板）2 2 0 に重ねておかれる内層基板 2 3 2 は、第 1 の基

板 1 0 を支持し、かつ液体金属 2 0 6 の収容のために利用される。即ち、第 1 の基板 1 0 を支持する内層基板 2 3 2 は、第 1 の基板 1 0 と第 2 の基板 2 2 0 内部の回路との間の電氣的な相互接続に利用される第 1 の貫通孔 2 4 1、第 1 の基板 1 0 に設けられるサスペンドヒータ 9 1 に連通する気体の通路の一部を構成する第 2 の貫通孔 2 4 2、及び第 1 の基板 1 0 と第 2 の基板の両者と協働して液体金属 2 0 6 を収容するためのチャンネル 2 6 1 を含む。

## 【 0 0 4 4 】

図示されるように、第 1 の貫通孔 2 4 1 内には、相互接続手段 2 4 4 が配置される。相互接続手段 2 4 4 は、第 1 の基板 1 0 に形成される電極パッド（図示せず）と、多層基板 2 2 0 の一面に設けられる電極パッド 2 9 4 とを相互接続するものであり、例えば、半田接続手段、金属バンプ手段、又は他の弾性変形可能な導電性材料等が利用可能である。但し、金属バンプの場合には、定形を有しなくても第 1 の貫通孔 2 4 1 によって形状が制限されるので、液体金属の如く常温で固体でない物質も適用可能である。即ち、金属バンプは、一例としてチャンネル 2 6 1 内に位置する液体金属 2 0 6 と同じ材料から構成し得る。尚、電極パッド 2 9 4 は多層基板である第 2 の基板 2 2 0 内部のフィルドビア構造 2 9 5 を利用して対向する底面側の外部接続用パッド 2 9 8 に電氣的に接続される。

## 【 0 0 4 5 】

第 2 の貫通孔 2 4 2 は、サスペンドヒータ 9 1 に対応する位置に重なるように形成される。これにより、第 2 の貫通孔 2 4 2 と第 1 の基板 1 0 におけるサスペンドヒータ 9 1 が形成された凹部 1 2 は、互いに協働してヒータキャビティを形成する。図示されるように、内層基板 2 3 2 に接する側の、第 2 の基板 2 2 0 の面には、2 つの第 1 の基板 1 0 それぞれに対応する第 2 の貫通孔 2 4 2 と、チャンネル 2 6 1 とを連通する通路を構成するための溝 2 2 8、2 2 9 が形成される。溝 2 2 8、2 2 9 は、液体金属 2 0 6 が入り込まない程度に十分狭幅にして形成され、チャンネル 2 6 1 を交差するように延びる。前述の実施形態同様に、2 つの第 1 の基板のいずれかのヒータが動作されるとき、この交差部分に気体が入り込むことによって、隣接する 2 つの電極間の電氣的な導通がオン・オフ制御される。



## 【 0 0 4 6 】

外層基板 2 3 1 は、内層基板 2 3 2 に接着して固定される。このとき、外層基板 2 3 1 は、キャビティ 2 5 1、2 5 2 のそれぞれに第 1 の基板 1 0 を収容して、これを外部環境から保護する。更に、外層基板 2 3 1 は、液体金属 2 0 6 を収容するチャンネル 2 6 1 の頂壁を構成する。外層基板 2 3 1 は、液体金属と反応しないガラス等の材料から成るが、チャンネル 2 6 1 に重なる位置の表面材料をガラスとして、基板の主要部を他の材料によって形成しても良い。

## 【 0 0 4 7 】

尚、第 2 の基板 2 2 0 上にチャンネル 2 6 1 に連通するように設けられる溝 2 2 8、2 2 9 は、グリーンシートによる多層基板技術、もしくはレーザによる加工技術を用いて第 2 の基板、即ちセラミック多層基板 2 2 0 の頂面に形成され得る。特に、後者のレーザによる方法の例としては、エキシマレーザにより、マスクを用いてパターンを焼き付ける方法、YAGレーザによって直接ビーム描画する方法等が挙げられる。グリーンシートによる方法は、セラミック多層基板の作製工程の中で同時に行うことが可能であり、一度に大量に作成するのに有利であるが、パターンの微細化に限界がある。これに対し、レーザによる方法は、工程が増えるが、微細化の点では有利である。また、YAGレーザはマスクを必要としないが、深さのコントロールが難しく、大量生産には不利な面がある。一方、エキシマレーザはこれに比較すると、深さのコントロールが容易で、マスクを用いれば大量生産にも対応可能である。生産量やパターンによってこれらの方法から最適なものを選択して用いることが可能である。

## 【 0 0 4 8 】

図示されるように、電氣的接続のスイッチングのために使用するようチャンネル 2 6 1 に沿って形成されるところの電極 2 8 1、2 8 2、2 8 3 は、チャンネル 2 2 0 の幅よりも広幅にして（図 7 参照）、第 2 の基板 2 2 0 上のチャンネル 2 6 1 に沿う面に形成される。電極 2 8 1、2 8 2、2 8 3 は、フィルドビア構造 2 8 4、2 8 5、2 8 6 によってそれぞれに対応する外部接続用パッド 2 9 6 に導通するように構成される（図 6 参照）。ここで、外層基板 2 3 1 には、これらの電極 2 8 1、2 8 2、2 8 3 と対向するようにしてパッド 2 8 1'、2 8 2'、2

83' が設けられる点に注意すべきである。これにより、断面が略台形又は矩形とされるチャネル220の内表面に沿って液体金属が十分な濡れ性をもって広がり、ヒータを動作させたときに熱によって生じる気体の膨張力を高率良く液体金属206に伝え、液体金属206の変形又は移動の確実性を高め、スイッチング動作の信頼性を向上させることができる。

#### 【0049】

第1と第2の実施形態では、第1の基板10は、第2の基板20に対して金属バンプによって電氣的及び機械的に接合され、バンプ結合部分の周囲とその外側には封止樹脂14を含浸硬化させ、ヒータキャビティを気密化してバンプ接合を補強している。これに対して、第3の実施形態によれば、第1の基板10は、プレーナ型にして直接的に内層基板232に接着されるため、接着用の樹脂以外の特段の封止樹脂は必要とされない。従って、基板の全数が増えるとう不利な点はあるものの、第1及び第2の実施形態によるものとは異なり、樹脂を含浸し硬化させる工程を省略することができ、樹脂の硬化状態による気密性に対する信頼度を高めることができ、更にヒータのキャビティ体積をより正確に設計できる点等が利点となる。

#### 【0050】

以上のように、本発明の好適実施形態となる電気接点開閉装置について詳細に説明したが、これはあくまでも例示的なものであり、当業者によって更に様々な変形・変更が可能である。

#### 【0051】

##### 【発明の効果】

本発明を実施することによって、少ない減衰で高周波信号の開閉が可能であり、閉時の接続抵抗が低く、しかも、開閉に必要なパワーが少なく、開閉の速度が速い液体金属を用いた混成基板型の電気接点開閉装置を現在利用可能な工業的な方法によって容易に提供できる。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

本発明の第1の好適実施形態となる電気接点開閉装置を示す、図2中の線A－

Aに沿う位置の断面図。

【図 2】

本発明の第 1 の好適実施形態となる電気接点開閉装置を示す概略平面図。

【図 3】

本発明に使用される第 1 の基板の構造を説明するための図で、(a) は平面図、(b) は (a) 中の線 B - B に沿う位置の断面図、及び (c) は (a) 中の線 C - C に沿う位置の断面図。

【図 4】

本発明の第 2 の好適実施形態となる電気接点開閉装置を示す、図 5 中の線 D - D に沿う位置、及び線 E - E に沿う位置の断面図を合成して示す図。

【図 5】

本発明の第 2 の好適実施形態となる電気接点開閉装置を示す概略平面図。

【図 6】

本発明の第 3 の好適実施形態となる電気接点開閉装置を示す、図 7 中の線 E - E に沿う位置、及び線 F - F に沿う位置の断面図を合成して示す図。

【図 7】

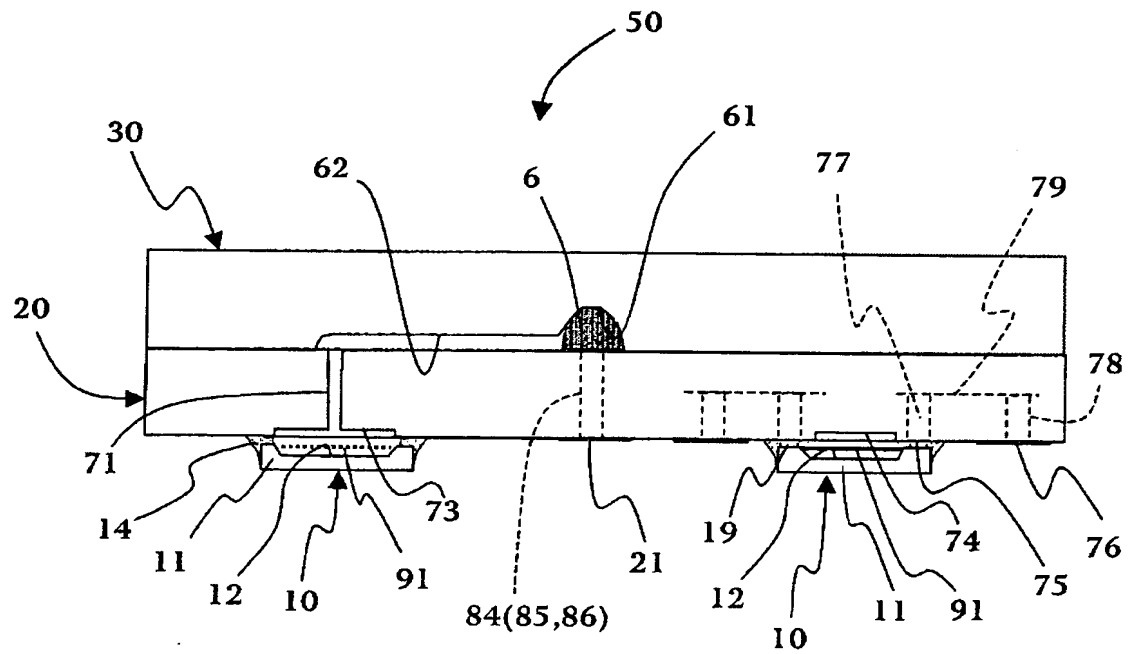
本発明の第 3 の好適実施形態となる電気接点開閉装置を示す概略平面図。

【符号の説明】

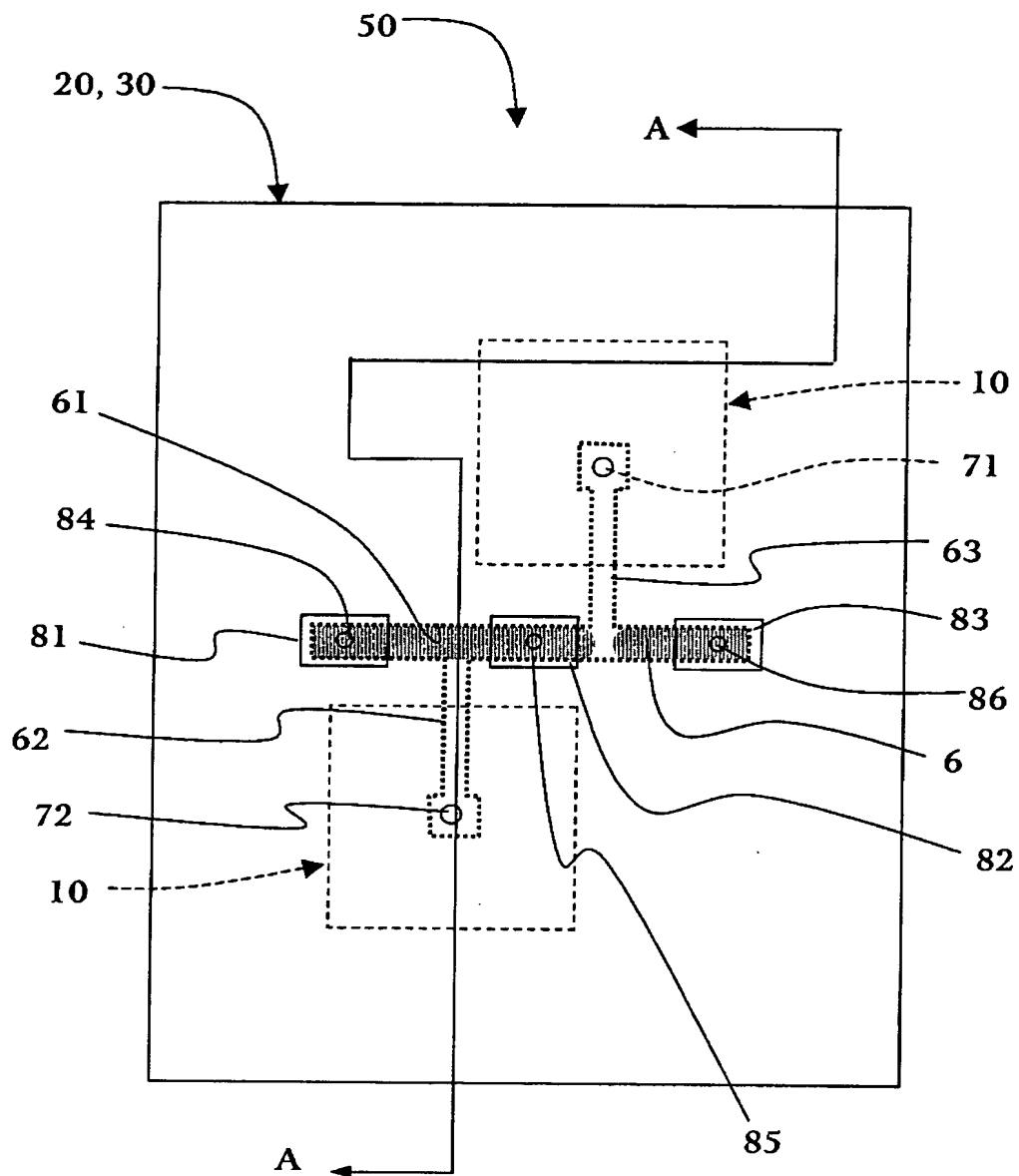
5 0 ; 1 5 0 ; 2 5 0      電気接点開閉装置  
1 2、7 3、7 4 ; 1 2、1 7 3、1 7 4 ; 1 2、2 4 2      加熱室（ヒータキ  
ャビティ）  
1 0      第 1 の基板  
2 0 ; 1 2 0 ; 2 2 0      第 2 の基板  
3 0 ; 1 3 0 ; 2 3 0      第 3 の基板  
6 1 ; 1 6 1 ; 2 6 1      チャネル  
6 2、6 3、7 1、7 2 ; 1 7 7、1 7 8、1 7 9 ; 2 2 8      通路  
8 1、8 2、8 3 ; 1 8 1、1 8 2、1 8 3 ; 2 8 1、2 8 2、2 8 3      電極

【書類名】 図面

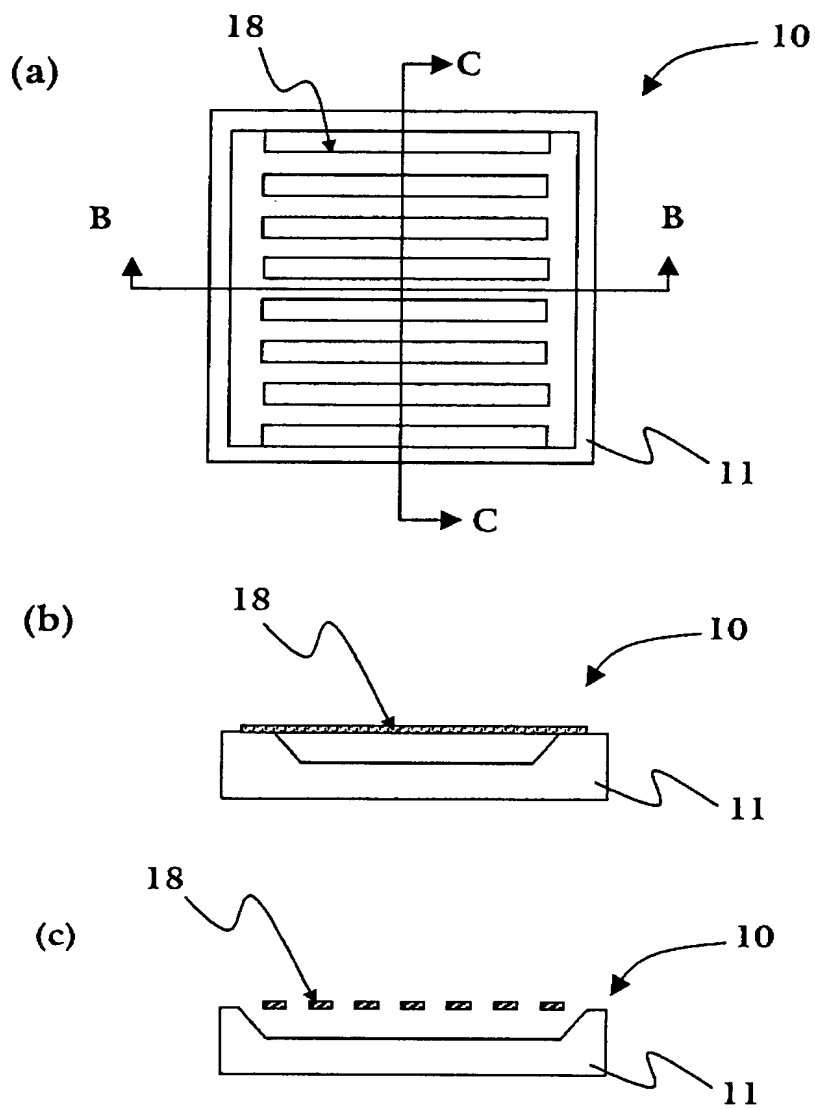
【図 1】



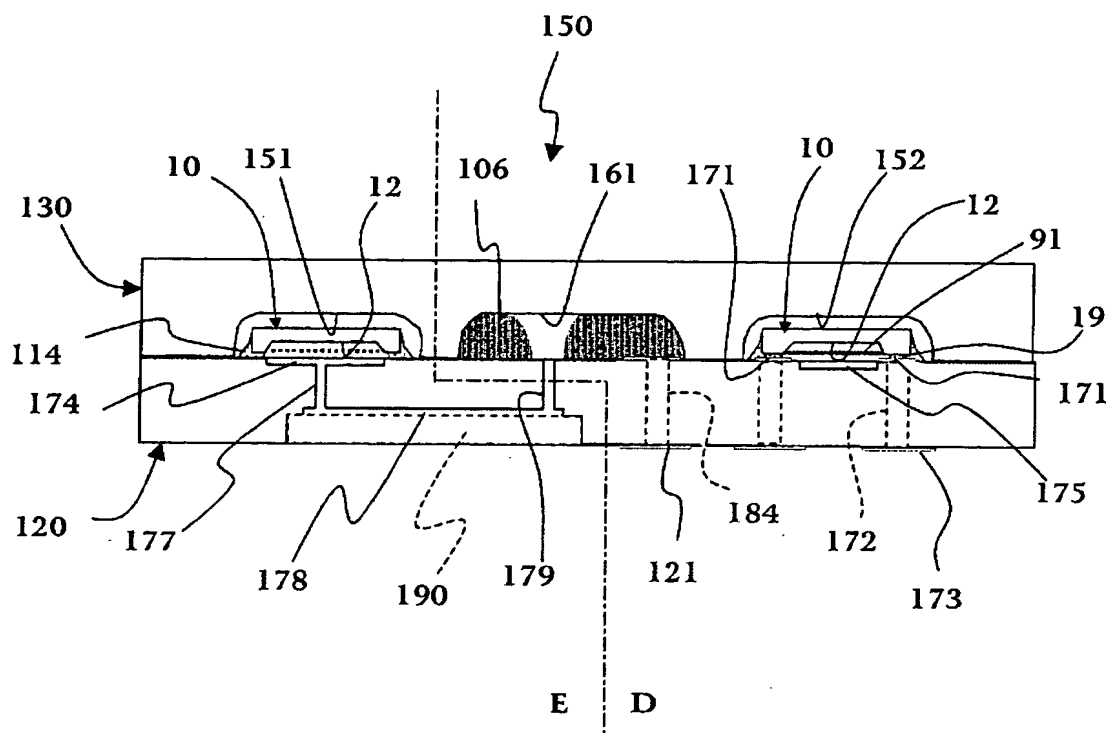
【図 2】



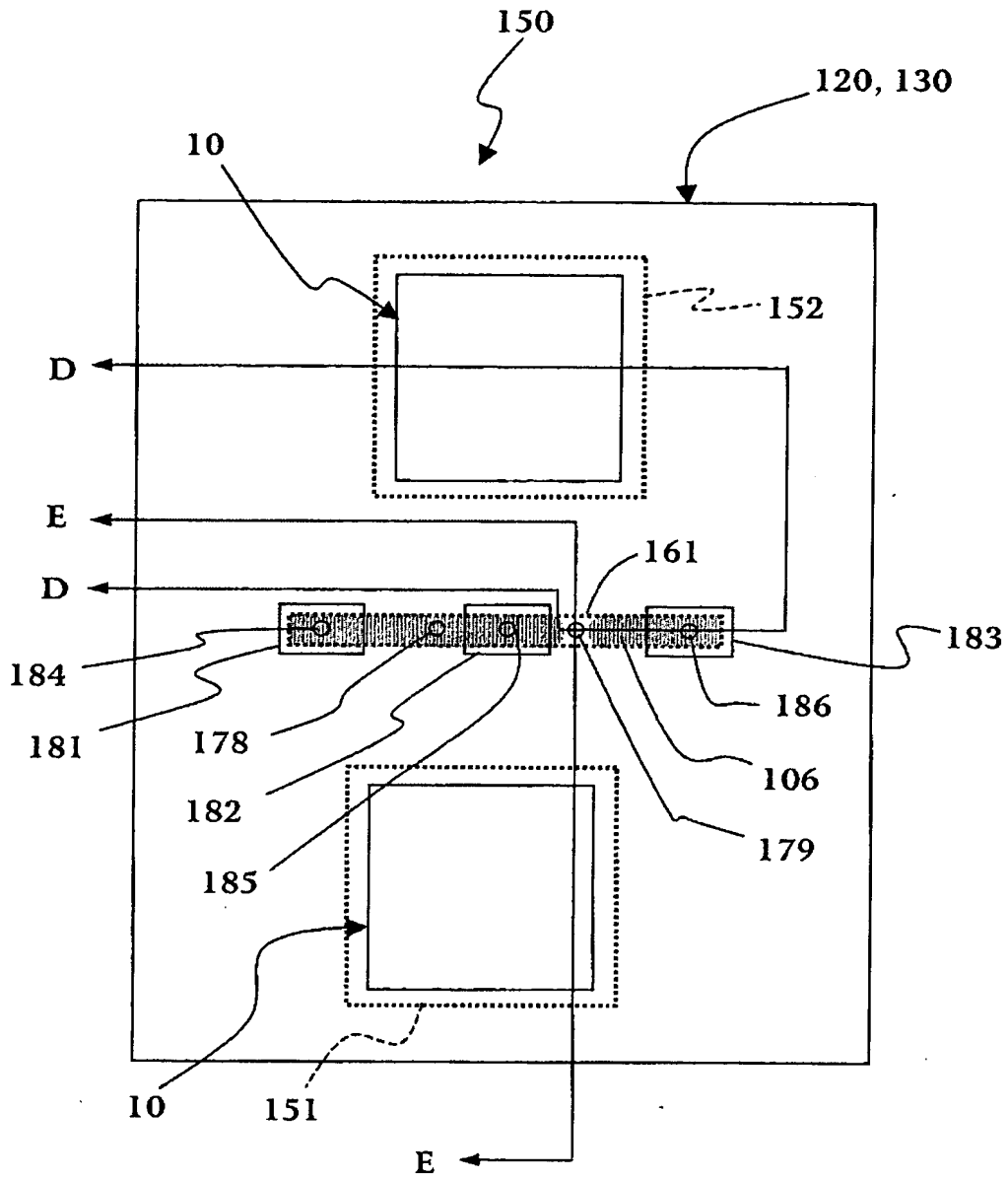
【図 3】



【図 4】

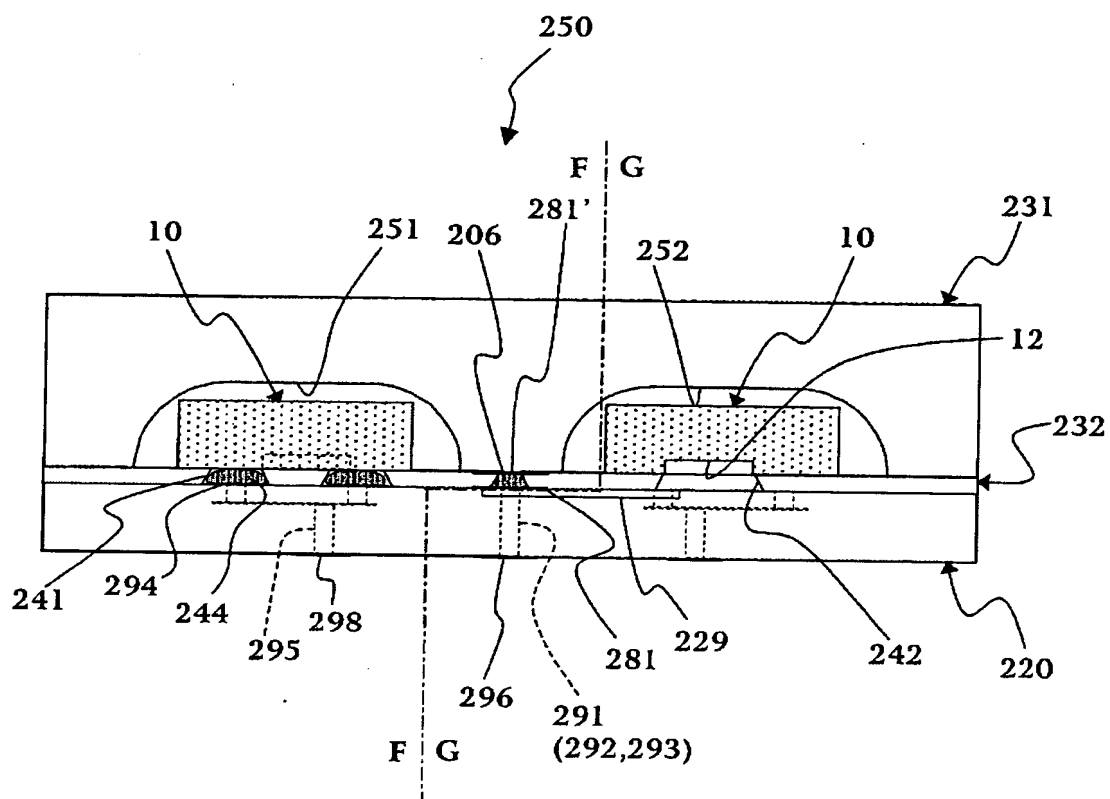


【図 5】

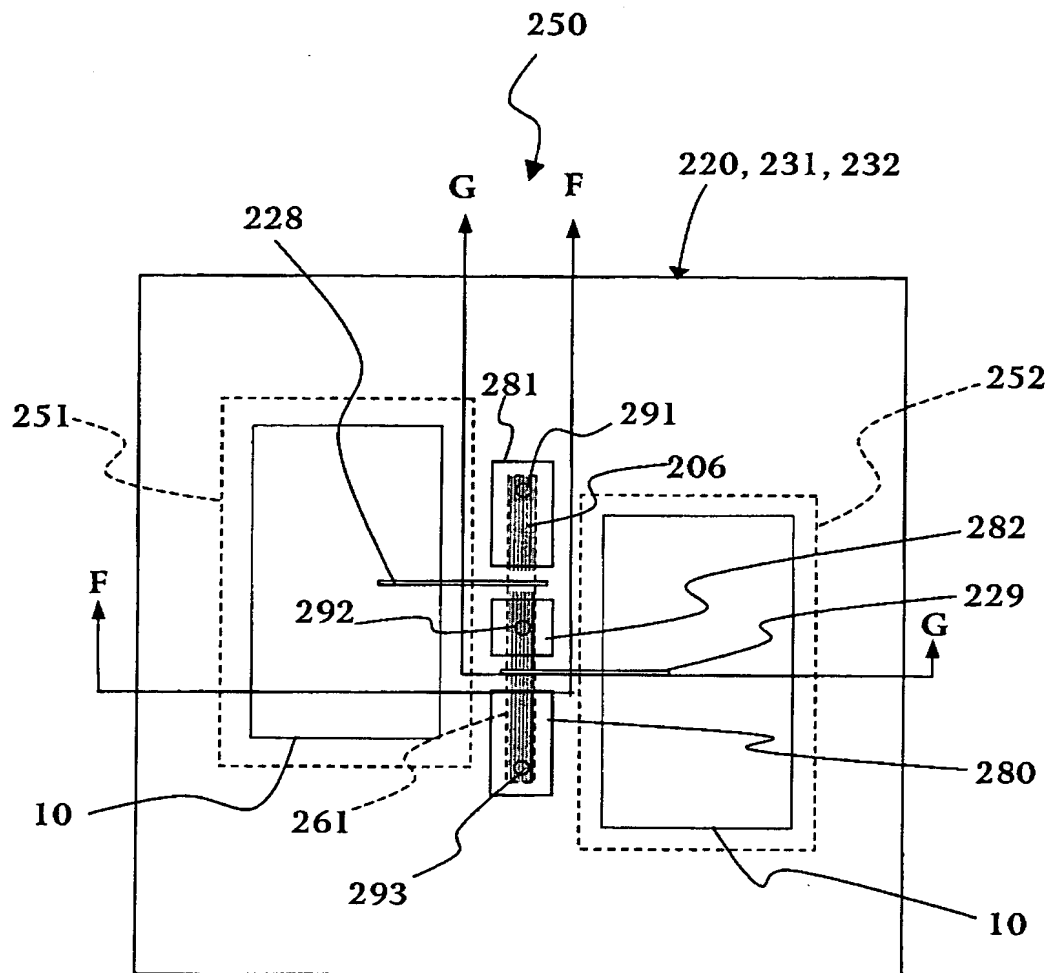




【図6】



【图 7】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型にして開閉動作が速く、その動作の安定性を保証することのできる電気接点开閉装置を提供すること。

【解決手段】 電気接点开閉装置 5 0 は、気体と液体金属とが密封された密封空間内で、加熱によって気体の体積を膨張させ液体金属を移動させることで電気パスを変更することのできる電気接点开閉装置であり、特に、気体を加熱するためのヒータを備えた加熱室を有する第 1 の基板 1 0 と、第 1 の基板 1 0 に対して密封して固着され、加熱室に連通する通路 7 1 が設けられ、液体金属と協働して高周波信号を伝送する電気パスを構成する複数の電極が形成される第 2 の基板 2 0 と、第 2 の基板 2 0 に密封して固着され、通路の他端に連通して液体金属が移動可能とされるチャネル 6 1 を第 2 の基板との固着面に沿って形成する第 3 の基板 3 0 とを有する。

【選択図】 図 1

認 定 ・ 付 加 情 報

|         |                          |
|---------|--------------------------|
| 特許出願の番号 | 特願 2 0 0 2 - 2 3 6 0 2 0 |
| 受付番号    | 5 0 2 0 1 2 0 6 9 2 0    |
| 書類名     | 特許願                      |
| 担当官     | 第四担当上席 0 0 9 3           |
| 作成日     | 平成 1 4 年 8 月 1 4 日       |

< 認定情報・付加情報 >

|       |             |
|-------|-------------|
| 【提出日】 | 平成14年 8月13日 |
|-------|-------------|

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [ 3 9 9 1 1 7 1 2 1 ]

1. 変更年月日 1 9 9 9 年 1 0 月 1 3 日

[変更理由] 新規登録

住 所 アメリカ合衆国カリフォルニア州パロアルト ページ・ミル・  
ロード 3 9 5

氏 名 アジレント・テクノロジーズ・インク